中华稻蝗消化道内分泌细胞的鉴别与定位

陈洪洪，潘洪珍，张盛周*

（安徽师范大学生命科学学院，安徽芜湖　241000）

摘要：采用整块组织 Grimelius 银染法和过氧化物酶标记的链霉亲和素免疫组织化学技术，结合生物统计学分析，对中华稻蝗 *Oxya chinensis* 消化道内分泌细胞进行鉴别与定位。结果表明：嗜银细胞分布于中华稻蝗的胃盲囊、中肠和后肠各段，以中肠和直肠中最多（$P<0.05$），前肠中未见分布。免疫组织化学法检测出了五羟色胺（5-hydroxytryptamine, 5-HT）、胃泌素（gastrin, Gas）、胰高血糖素（glucagon, Glu）和胰多肽（pancreatic polypeptide, PP）细胞，未检出生长抑素（somatostatin, SS）细胞。免疫阳性细胞分布于中肠和后肠中，前肠中未见分布。5-HT 细胞和 Gas 细胞均主要分布于胃盲囊、中肠及直肠中，且均以直肠中最多（$P<0.05$）。Glu 细胞在胃盲囊及整个中、后肠均有分布，在中肠和直肠中最多（$P<0.05$）。PP 细胞主要分布于中肠、回肠和直肠中，中肠中分布密度最大（$P<0.05$）。本研究显示中华稻蝗消化道中存在多种内分泌细胞，它们的分布情况与其他节肢动物相比存在一定的共性，也有其一定的特异性，可能与中华稻蝗特定的消化道结构和消化生理功能有关。

关键词：中华稻蝗；消化道；嗜银细胞；内分泌细胞；免疫组织化学

中图分类号：Q962　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2009)07-0749-06

Identification and localization of endocrine cells in the digestive tract of *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae)

CHEN Hong-Hong, PAN Hong-Zhen, ZHANG Sheng-Zhou* (College of Life Sciences, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China)

Abstract: The endocrine cells in the digestive tract of *Oxya chinensis* were identified and localized by Grimelius silver impregnation and immunohistochemical method combining with biostatistical analysis. The results showed that argyrophil cells were detected in the gastric caecum, the midgut and throughout the hindgut, but not found in the foregut by silver impregnation, with the highest density in the midgut and rectum ($P<0.05$). 5-hydroxytryptaminc (5-HT), gastrin (Gas), glucagon (Glu) and pancreatic polypeptide (PP) cells were identified in gastric caecum, the midgut and the hindgut by immunohistochemical method, but somatostatin (SS) cells were not detected throughout the digestive tract. Both 5-HT and Gas cells are distributed in the gastric caecum, midgut and rectum with the highest density in the rectum ($P<0.05$). Glu cells are distributed throughout the midgut and the hindgut, with the highest density in the midgut and rectum ($P<0.05$). PP cells are distributed in the midgut, ileum and rectum with the highest density in the midgut ($P<0.05$). The results indicate that there are several types of endocrine cells in the digestive tract of *O. chinensis*; and the distributional pattern of these cells are similar to those of other arthropods, but some unique features of the species were also found, which might be related to its special structure and physiological function of digestive tract.

Key words: *Oxya chinensis*; digestive tract; argyrophil cells; endocrine cells; immunohistochemistry

消化道内分泌细胞散在分布于消化道黏膜中，其分泌的多种胃肠激素具有调节消化吸收过程、保护胃肠黏膜和控制动物摄食行为等多项生理作用（Solcia *et al*., 2000; Rehfeld, 2004）。目前，对脊椎动物消化道内分泌细胞的种类及分布型已有广泛而深入的研究（Jens, 1998; Solcia *et al*., 2000; Liu*et al*., 2003; Rehfeld, 2004），而对无脊椎动物消化道内分泌细胞方面的研究相对较少。昆虫的种类繁

基金项目：安徽师范大学生物大分子进化重点实验室开放基金（2006B001）；“动物生物学”安徽师范大学优秀学术团队基金；生物环境与生态安全省级重点实验室及安徽省重要生物资源保护与利用重点实验室建设基金（2007-10）

作者简介：陈洪洪，女，1983 年 9 月生，安徽淮南人，硕士研究生，研究方向为动物细胞学，E-mail：hsanghai-1943@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, Tel.: 0553-5670487; E-mail: szzhang@mail.ahnu.edu.cn

收稿日期 Received: 2009-01-12; 接受日期 Accepted: 2009-04-29

多，在无脊椎动物中占据重要地位。早期对昆虫消化道内分泌细胞的研究主要采用电子显微镜观察形态并根据细胞的超微结构进行初步的分类(Andriès and Tramu, 1985; Desmond and Martha, 1990; Nursel *et al.*, 2001)。随着免疫组织化学技术的发展和完善，免疫组织化学染色法被应用于鉴定内分泌细胞的种类。Andriès 等(1984)和 Montuenga 等(1989)用细胞超微结构结合免疫组织化学方法分别对蟑螂 *Blaberus craniifer* 和沙漠蝗 *Schistocerca gregaria* 中肠内分泌细胞的种类进行了鉴定。Neves 等(2002, 2003)及 Stacia 和 David(2005)应用免疫荧光技术分别对蜜蜂 *Melipona quadrifasciata anthidioides* 中肠和埃及伊蚊 *Aedes aegypti* 肠道内分泌细胞进行了鉴定与定位。这些研究多数是检测昆虫中肠内分泌细胞的种类与分布，对不同内分泌细胞在昆虫整个消化道的分布型研究较少，有关昆虫消化道内分泌细胞种类的研究亦不全面。

中华稻蝗 *Oxya chinensis*，隶属昆虫纲(Insecta)，直翅目(Orthoptera)，雌雄食性无差别，是东北亚、东南亚等地水稻主要害虫之一，其生态控制受到广泛重视(刘文旭和严毓骅, 2000)。目前对其消化道的结构与功能已有较深入的研究(张小民等, 2006, 2007)，但消化道内分泌细胞方面的研究尚未见报道。本研究首先用银染法对中华稻蝗消化道内分泌细胞的分布作了初步的了解，再通过免疫组织化学方法对5种重要的内分泌细胞进行了鉴别与定位，旨在丰富昆虫消化内分泌细胞学知识体系，同时增进对中华稻蝗消化生理的认识，为该物种的生态控制提供进一步的基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

中华稻蝗成虫12头，雌雄兼有，体长20～35 cm，于2008年9月捕捉于淮河沿岸淮南段。随机分成两组，每组6头。冷冻致死，迅速解剖，取出前肠(食道、嗉囊、前胃)；胃盲囊；中肠；后肠(回肠、结肠、直肠)。用生理盐水(0.1 mol/L NaCl, 20 mmol/L KH_2PO_4 和 20 mmol/L Na_2HPO_4)冲洗干净，将其中一组材料用10%中性福尔马林固定24 h后用于银染处理，另一组材料用 Bouin's 液固定20～24 h，制作常规石蜡切片，用于免疫组织化学染色。

1.2 主要试剂

5种胃肠激素的兔抗血清(ZYMED 公司)详见表1，链霉菌抗生物素蛋白-过氧化物酶(Streptavidin peroxidase, SP)免疫组织化学试剂盒(SP-9001)购于北京中山生物技术公司。

表1 胃肠激素抗血清一览表

Table 1 Details of the gut hormone antisera

所用激素抗血清 Hormone antisera	产品代号 Code	稀释倍数 Dilution
5-羟色胺(5-HT) 5-Hydroxytryptamine	ZA-0231	1∶100
胃泌素(Gas) Gastrin	ZA-0120	1∶100
合成环形生长抑素(SS) Synthetic cyclic somatostatin	ZA-0232	1∶150
人胰多肽(PP) Human pancreatic polypeptide	ZA-0228	1∶100
猪胰高血糖素(Glu) Porcine glucagon	ZA-0122	1∶150

1.3 实验方法

1.3.1 整块组织 Grimelius 银染法：采用整块组织银染法(李淑兰, 2000)，将材料用10%中性福尔马林固定24 h后，蒸馏水冲洗5～6次。放入银染液(硝酸银30 mg, 0.1 mol/L pH 5.6 醋酸缓冲液10 mL, 双蒸水100 mL)中在37℃温箱里避光染色20～24 h。蒸馏水冲洗5～6次，立即放入60℃的还原剂(5%无水亚硫酸钠与1%的对苯二酚1∶1)中还原20～30 min，再用蒸馏水冲洗5～6次。常规脱水透明，制备常规石蜡切片，脱蜡封片。

1.3.2 免疫组织化学染色：常规石蜡切片脱蜡至水，3% H_2O_2 温室孵育5 min，以消除内源性过氧化物酶的活性；蒸馏水浸洗，PBS浸泡5 min；滴加正常山羊血清(1∶10)室温孵育10 min，封闭非特异性反应部位；倾去血清，滴加胃肠激素抗体，4℃过夜；PBS浸洗5 min×3次，滴加即用型生物素标记的二抗(羊抗兔IgG抗血清)，室温孵育1.5 h；PBS浸洗5 min×3次，滴加即用型链霉菌抗生物素蛋白-过氧化物酶，室温1 h；PBS浸洗5 min×3次，DAB-H_2O_2 显色；蒸馏水洗净，苏木精复染，脱水，透明，封片。阴性对照分别用正常羊血清和PBS代替一抗，其余步骤同上。

1.4 观察计数与统计处理

在奥林巴斯BX61型显微镜下观察拍照，并对每个部位的切片随机取10个400倍视野计数，取平均值±标准误表示内分泌细胞的分布密度，用单因素方差分析(one-way ANOVA)对各部位中同一种内分泌细胞的绝对数量进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 中华稻蝗消化道内分泌细胞的银染法鉴别与定位

染色后嗜银细胞被染成黑褐色，背底呈黄色，对比明显，容易辨认。嗜银细胞在中华稻蝗胃盲囊、中肠及后肠各段均有分布，其中以中肠和直肠中的密度较大，胃盲囊与回肠次之，结肠中偶见，而前肠中未见分布(表2)。消化道各段的嗜银细胞均位于肠壁细胞层及其基部，但多数位于肠壁细胞层(图版I：1，2)，细胞形状多数不规则，少数呈卵圆形。

表2 中华稻蝗消化道嗜银细胞的分布

Table 2 Distribution of the argyrophil cells in the digestive tract of *Oxya chinensis*

	前肠 Foregut			胃盲囊 Gastric caecum	中肠 Midgut	后肠 Hindgut		
	食道 Esophagus	嗉囊 Crop	前胃 Proventriculus			回肠 Ileum	结肠 Colon	直肠 Rectum
嗜银细胞 Argyrophil cells	0	0	0	1.5 ±0.85 b	2.8 ±0.92 a	1.8 ±0.79 b	0.5 ±0.71 c	3.0 ±1.05 a

数据为平均数 ± 标准误，不同小写字母表示差异显著(单因素方差分析，$P < 0.05$)，下表同。Data are mean ± *SD*. Different lowercase letters mean significant difference (one-way ANOVA, $P < 0.05$). The same for Table 3.

2.2 中华稻蝗消化道内分泌细胞的免疫组织化学法鉴别与定位

学显微镜下，免疫阳性细胞呈深棕色，背景呈浅蓝或淡黄色，容易区分。阴性对照切片均未见深棕色细胞。采用五羟色胺(5-HT)、胃泌素(Gas)、胰高血糖素(Glu)、胰多肽(PP)和生长抑素(SS)等5种胃肠激素抗血清进行检测，前4种胃肠激素内分泌细胞在中华稻蝗消化道内均被检出，SS细胞未被检出。免疫阳性细胞主要分布于中华稻蝗的胃盲囊、中肠和后肠，前肠未见分布，其在中华稻蝗消化道的分布情况见表3。

表3 中华稻蝗消化道内分泌细胞分布及密度(个/400倍视野)

Table 3 Density of the endocrine cells in the digestive tract of *Oxya chinensis* (number of cells/400-fold field)

		五羟色胺 5-Hydroxytryptamine	胃泌素 Gastrin	胰高血糖素 Glucagon	胰多肽 Pancreatic polypeptide	生长抑素 Somatostatin
前肠 Foregut	食道 Esophagus	0	0	0	0	0
	嗉囊 Crop	0	0	0	0	0
	前胃 Proventriculus	0	0	0	0	0
胃盲囊 Gastric caecum		1.4 ±1.26 c	1.1 ±0.74 c	1.0 ±0.67 c	0	0
中肠 Midgut		3.9 ±1.45 b	3.6 ±1.07 b	4.2 ±1.55 a	3.8 ±1.23 a	0
后肠 Hindgut	回肠 Ileum	0	0	2.2 ±1.03 b	2.7 ±1.50 a	0
	结肠 Colon	0.9 ± 0.56 c	0	1.0 ±0.82 c	0	0
	直肠 Rectum	9.4 ±3.06 a	8.8 ±2.82 a	5.3 ±2.54 a	1.4 ±1.07 b	0

2.2.1 5-HT细胞：5-HT细胞在中华稻蝗胃盲囊、中肠及后肠有广泛分布，其中以直肠中的密度最大($P<0.05$)，中肠次之，胃盲囊和结肠中密度较小，回肠未见。阳性细胞在中肠中主要位于肠壁细胞层，呈卵圆形或锥形(图版Ⅰ：3)；在直肠中亦主要位于肠壁细胞层，肌层中有少量分布，多呈柱形，而少数位于肠壁细胞基部及结缔组织中，多呈卵圆形(图版Ⅰ：4)；在胃盲囊和结肠中主要位于肠壁细胞基部，呈卵圆形。

2.2.2 Gas细胞：Gas细胞仅分布于中华稻蝗胃盲囊、中肠和直肠，以直肠中密度最大($P<0.05$)，中肠次之，胃盲囊中最少。胃盲囊中Gas细胞主要位于肠壁细胞层及其基部，呈椭圆形(图版Ⅰ：5)，中肠与直肠中Gas细胞主要位于肠壁细胞层，肠壁

细胞基部、结缔组织及肌层中亦有分布，多数为卵圆形，少数形状不规则(图版Ⅰ：6)。

2.2.3 Glu 细胞：中华稻蝗消化道除前肠以外的各段均有 Glu 细胞分布，以中肠和直肠中密度最大($P<0.05$)。中肠与直肠中的 Glu 细胞均主要位于肠壁细胞层，其他部位的 Glu 细胞主要位于肠壁细胞基部和结缔组织中。Glu 细胞多呈椭圆形，仅在回肠与胃中有锥形及不规则形状细胞出现(图版Ⅰ：7，8)。

2.2.4 PP 细胞：PP 细胞分布于中肠、回肠和直肠，以中肠中密度最大($P<0.05$)。中肠与直肠处的阳性细胞主要位于肠壁细胞层，形状不规则(图版Ⅰ：9)。回肠中的阳性细胞在肠壁细胞层、肠壁细胞基部及结缔组织中均有分布，肌层中偶见，呈卵圆形或梭形(图版Ⅰ：10)。

3 讨论

内分泌细胞产生的胺类和肽类激素都贮存在胞浆分泌颗粒中，可用银染法来显示(胥维勇等，2006)。本研究首先用银染法在中华稻蝗消化道中、后肠各段检测出了嗜银性内分泌细胞。5-HT，SS，Gas，Glu 和 PP 等属脊椎动物消化道 5 种重要的胃肠激素，其分子结构在进化上具有很高的保守性(Jens，1998)。本研究用免疫组织化学染色在中华稻蝗消化道检测出了 5-HT，Gas，Glu 和 PP 细胞，而且发现这些内分泌细胞均主要分布于中肠和后肠中，前肠未见分布。中华稻蝗的前肠主要是食物的通道和贮存场所几乎不参与消化吸收；中肠是分泌消化酶、消化食物和吸收营养的主要部位；后肠不仅具有排除食物残渣和代谢废物的功能，也具有吸收水分，调节血液渗透压和离子平衡的功能(张小民等，2006，2007)。中华稻蝗消化道内分泌细胞的存在与分布密度上的差异可能是由于消化道各段的生理功能不同。

5-HT 细胞普遍分布于各类脊椎动物的消化道中，研究表明，其对无脊椎动物的消化吸收亦有重要调节作用(黄辉洋等，2001)。Stacia 和 David (2005)在埃及伊蚊 *Aedes aegypti* 的各发育阶段的消化道中均检出 5-HT 神经内分泌物质。本研究在中华稻蝗胃盲囊及中、后肠中均检测出了 5-HT 内分泌细胞，在中肠和直肠中分布密度最大。5-HT 具有调节黏液分泌，胃肠蠕动，平滑肌收缩和血管扩张的功能，中华稻蝗中肠和直肠 5-HT 细胞密度较高有助于其胃肠蠕动和利于排遗。

Gas/CCK 细胞曾在首长黄道蟹 *Cancer magister* 及锯缘青蟹 *Scylla serrata* 消化道中被检出(Webster *et al.*，2000；黄辉洋等，2001)，黄辉洋等(2001)认为甲壳动物消化道中分布的 Gas 细胞与调节肌肉活动、蜕皮及消化吸收均有一定关系。Neves 等(2002)曾在蜜蜂中肠中检测到了 Gas1 和 CCK-8 细胞，Montuenga 等(1989)在沙漠蝗中肠中亦发现了 Gas 细胞，本研究在中华稻蝗的消化道中亦检测到了 Gas 细胞，可见 Gas 细胞在无脊椎动物体内亦有广泛分布。在脊椎动物中的研究表明，Gas 具刺激胃酸和胃蛋白酶原分泌的功能(Solcia *et al.*，2000；Rehfeld，2004)。本研究发现 Gas 细胞不仅分布于中华稻蝗的主要消化部位胃盲囊和中肠中，而且在直肠中亦有大量分布，提示 Gas 细胞在中华稻蝗消化道内可能有一些新的作用，有待进一步研究。

Glu 细胞是否分布于昆虫消化道中尚未见报道，黄辉洋等(2005)曾在节肢动物锯缘青蟹的消化道皮腺中检测出 Glu 细胞，并认为其与调节胃肠吸收有关。本研究在中华蝗消化道内检测出了 Glu 细胞，丰富了昆虫消化道内分泌细胞的种类。潘黔生等(1995)在研究鱼类肠道 Glu 细胞的存在与分布型时发现，草食性鱼类整个肠道都有 Glu 细胞分布，他们认为草食性鱼类肠道中有 Glu 细胞分布与 Glu 促进黏膜生长可弥补草纤维对黏膜的磨损有关。本研究在中华稻蝗整个中、后肠中都检测出了 Glu 细胞，中华稻蝗属植食性，可能亦需 Glu 促进黏膜生长从而弥补草纤维对黏膜的磨损。

Endo(1984)最早在蟑螂 *Periplaneta americana* 中肠检测到类 PP 细胞，Montuenga 等(1989)和 Veenstra 等(1995)进一步分别在沙漠蝗和埃及伊蚊 *Aedes aegypti* 中肠检测到了 PP 细胞，本研究显示中华稻蝗的胃肠道中亦有 PP 细胞分布，可见 PP 细胞在昆虫消化道内有着广泛的分布。本研究在中华稻蝗消化道内未发现 SS 细胞，SS 细胞在其他昆虫消化道的分布研究甚少。在脊椎动物中，SS 细胞可通过 SS-Gas 旁分泌调节机制实现对 Gas 细胞分泌活动的调控(Liu *et al.*，2003)。中华稻蝗消化道具有 Gas 细胞却未检测出 SS 细胞，反映其内分泌细胞之间的调节机制可能与脊椎动物不相同，有待进一步研究。

中华稻蝗消化道中检出的 4 种内分泌细胞有不少位于肠壁细胞基部及结缔组织中，这与脊椎动物内分泌细胞主要分布于消化道黏膜上皮的模式不同。黄辉洋等(2001，2005)在对甲壳动物锯缘青蟹消化道内分泌细胞的研究中亦发现了类似情况，并认为黏膜上皮中内分泌细胞可直接感受消化腔内容物的

刺激而进行胃肠激素的分泌，锯缘青蟹消化道内分泌细胞主要位于结缔组织中可能与其消化道内壁衬有几丁质，黏膜上皮没有直接接触到消化道内容物有关。本研究中，中华稻蝗前、后肠均衬有几丁质，前肠未见内分泌细胞的分布而后肠中内分泌细胞大多数位于肠壁细胞层基部，且阳性细胞多成卵圆形，可能亦与黏膜上皮没有直接接触到消化道内容物有关；中肠胃未衬有几丁质，仅有少量围食膜，其中阳性细胞则有较多位于肠壁细胞层中，形状多不规则，与上述说法相一致。但在衬有几丁质的后肠中直肠段阳性细胞亦多位于肠壁细胞层中，这与上述说法不相符，可见这种内分泌细胞的局部分布模式是否确实是对这种特殊结构的适应尚需进一步的研究。

总之，中华稻蝗消化道中存在多种内分泌细胞，它们的分布型与其他节肢动物间存在一定的共性，也有其一定的特异性，可能与其特定的消化结构和生理功能有关。

参 考 文 献 (References)

Andriès JC, Tramu G, 1985. Ultrastructural and immunohistochemical study of endocrine cells in the midgut of the cockroach *Blaberus craniifer* (Insecta, Dictyoptera). *Cell and Tissue Research*, 240(2): 323–332.

Desmond RJ, Martha G, 1990. Ultrastructure of the ventriculus of the honey bee, *Apis mellifera* (L.): Cytochemical localization of acid phosphatase, alkaline phosphatase, and nonspecific esterase. *Cell and Tissue Research*, 261(3): 431–443.

Endo Y, 1984. Ontogeny of endocrine cells in the gut of the insect *Periplaneta americana*. *Cell and Tissue Research*, 238(2): 421–423.

Huang HY, Li SJ, Wang GZ, Ye HH, 2001. Immunohistochemical study of serotonin in the digestive system of *Scylla serrata*. *Journal of Xiamen University* (*Natural Science*), 40(3): 789–792. [黄辉洋, 李少菁, 王贵忠, 叶海辉, 2001. 锯缘青蟹消化系统 5-羟色胺免疫组织化学的研究. 厦门大学学报(自然科学版), 40(3): 789–792]

Huang HY, Ye HH, Li SJ, Wang GZ, 2005. Immunocytochemical localization of endocrine cells in the digestive system of the mud crab *Scylla serrata*. *Journal of Xiamen University* (*Natural Science*), 44(1): 94–97. [黄辉洋, 叶海辉, 李少菁, 王贵忠, 2005. 锯缘青蟹消化系统内分泌细胞的免疫细胞化学定位. 厦门大学学报(自然科学版), 44(1): 94–97]

Jens FR, 1998. The new biology of gastrointestinal hormones. *Physiological Reviews*, 78(4): 1 087–1 108.

Li SL, 2000. Reveal gastrointestinal endocrine cells by one-piece tissue grimelius silver impregnation. *Chinese Journal of Anatomy*, 23(6): 580–581. [李淑兰, 2000. 整块组织 Grimelius 银染法显示胃肠内分泌细胞. 解剖学杂志, 23(6): 580–581]

Liu WX, Yan YH, 2000. A preliminary investigation on sustainable management of *Oxya chinensis* (Thunb.) mainly with biological agents. *Acta Entomologica Sinica*, 43(Suppl.): 186–190. [刘文旭, 严毓骅, 2000. 以生物防治为主持续治理中华稻蝗的初步研究. 昆虫学报, 43(增刊): 186–190]

Liu Y, Tytgat GN, Xiao SD, Kate FJ, 2003. Gastric endocrine cells. *Chinese Journal of Digestive Diseases*, 4(4): 160–167.

Montuenga LM, Barrenechea MA, Sesma P, López J, Vázquez JJ, 1989. Ultrastructure and immunocytochemistry of endocrine cells in the midgut of the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskal). *Cell and Tissue Research*, 258(3): 577–583.

Neves CA, Bhering LL, Serrão JE, Gitirana LB, 2002. FMRFamide-like midgut endocrine cells during the metamorphosis in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera, Apidae). *Micron*, 33(5): 453–460.

Neves CA, Gitirana LB, Serrão JE, 2003. FMRFamide-like immunoreactive midgut endocrine cells in different castes of bee. *Braz. J. Morphol.*, 20(3): 157–164.

Nursel G, Hakki S, Nesrin O, Cevat A, 2001. A study on endocrine cells in the midgut of *Agrotis segetum* (Denn. and Schiff.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Turk J. Zool.*, 25(3): 193–197.

Pan QS, Fang ZP, Zhu BK, Fan QX, 1995. Immunohistochemical study on L cells in the gut of four kinds of stomachless teleost. *Acta Anatomica Sinica*, 26(1): 81–84. [潘黔生, 方之平, 朱邦科, 樊启学, 1995. 四种无胃真骨鱼肠道 L 细胞的免疫组织化学研究. 解剖学报, 26(1): 81–84]

Rehfeld JF, 2004. A centenary of gastrointestinal endocrinology. *Horm. Metab. Res.*, 36(11–12): 735–741.

Solcia E, Rindi G, Buffa R, 2000. Gastric endocrine cells: Types, function and growth. *Regul. Pept.*, 93 (1–3): 31–35.

Stacia BM, David FM, 2005. Comparison of immunoreactivity to serotonin, FMRFamide and SCPb in the gut and visceral nervous system of larvae, pupae and adults of the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. *Journal of Insect Science*, 8(65): 1–12.

Veenstra JA, Lau GW, Agricola HJ, Petzel DH, 1995. Immunohistological localization of regulatory peptides in the midgut of the female mosquito *Aedes aegypti*. *Histochem. Cell Biol.*, 104(5): 337–347.

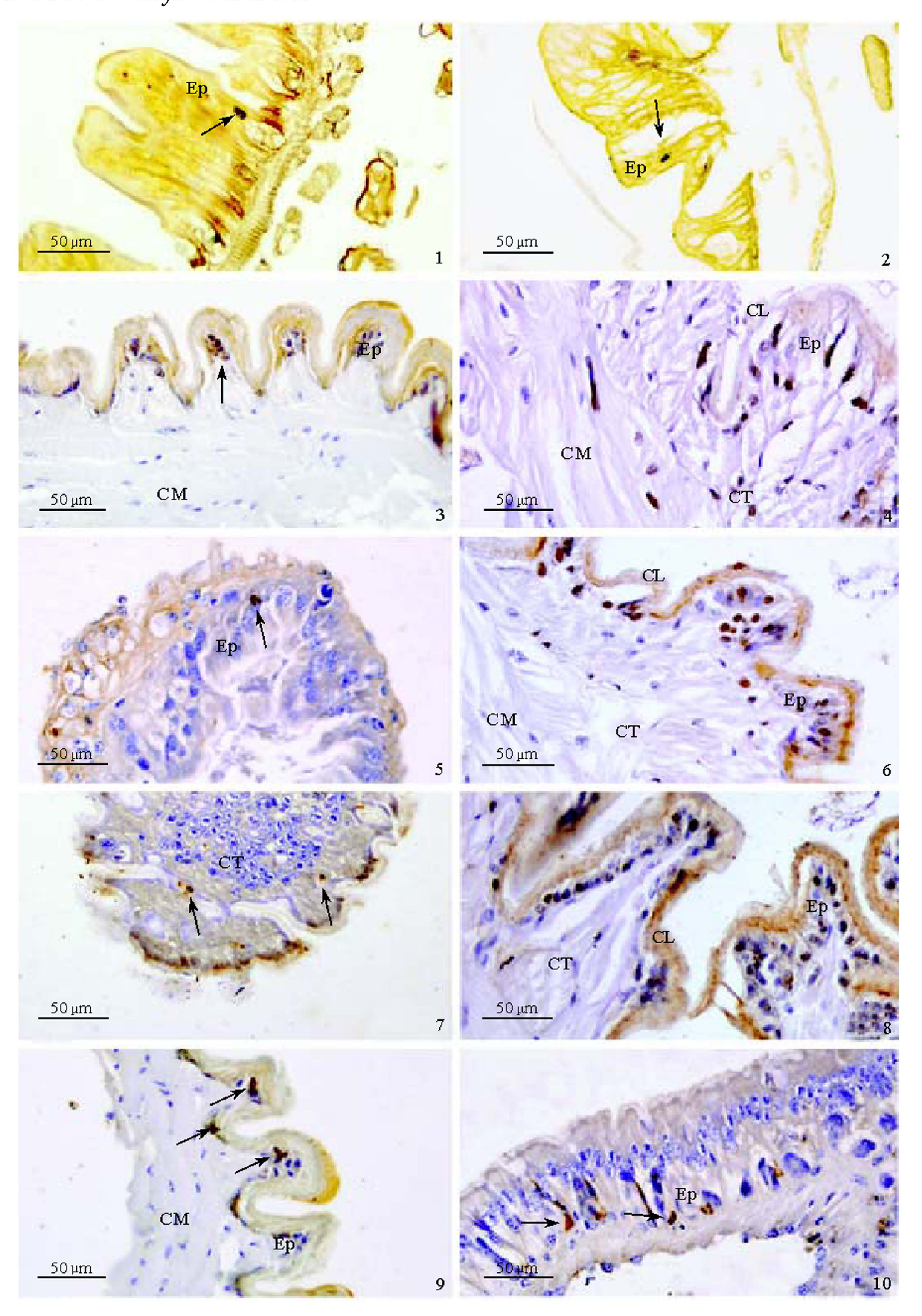
Webster SG, Dircksen H, Chung JS, 2000. Endocrine cells in the gut of the shore crab *Carcinus maenas* immunoreactive to crustacean hyperglycaemic hormone and its precursor-related peptide. *Cell and Tissue Research*, 300 (1): 193–205.

Xu WY, Yang Q, Fang XL, 2006. Staining method of showing neuroendocrine cells. *Chinese Journal of Histochemistry* and *Cytochemistry*, 15 (1): 106–107. [胥维勇, 杨群, 范小莉, 2006. 显示神经内分泌细胞的染色方法. 中国组织化学与细胞化学杂志, 15(1): 106–107]

Zhang XM, Guo YP, Ma EB, 2007. Comparison of morphological structure of grasshopper's alimentary canal. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 32(3): 643–648. [张小民, 郭亚平, 马恩波, 2007. 蝗虫消化道结构的比较研究. 动物分类学报, 32(3): 643–648]

Zhang XM, Guo YP, Xu J, Ma EB, 2006. Microstructure of the inner alimentary canal in *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae). *Acta Entomologica Sinica*, 49(2): 219–229. [张小民, 郭亚平, 许晶, 马恩波, 2006. 中华稻蝗全消化道内壁显微结构的观察. 昆虫学报, 49(2): 219–229]

(责任编辑:袁德成)



1,2：中肠和直肠嗜银细胞 Argyrophil cells in midgut and rectum；3,4：中肠和直肠 5-HT 细胞 5-HT cells in midgut and rectum；5,6：胃盲囊和直肠 Gas 细胞 Gas cells in gastric caecum and rectum；7,8：回肠和直肠 Glu 细胞 Glu cells in ileum and rectum；9,10：中肠和回肠 PP 细胞 PP cells in midgut and ileum. 箭头示阳性细胞 Arrows indicate the positive cells；CL：几丁质 Chitin layer；CM：环肌 Circle muscles；CT：结缔组织 Connective tissue；Ep：肠壁细胞 Epithelium.